

**특집 : UPS 기술 동향**

# 국내 무정전전원장치 기술 동향

임 승 범\*, 변 용 섭\*\*, 이 원 일\*\*

(이온 부설연구소 \*과장, \*\*대리)

무정전전원장치(UPS : Uninterruptible Power Supply)는 입력전압과 출력전압의 종속성에 의해서 Passive Standby, Line-Interactive, Double-Conversion 방식으로 구분된다. 인터넷 데이터 센터(IDC), 금융센터, 반도체, 디스플레이 업계 등 안정적인 전력공급이 중요한 산업계에서는 신뢰성이 중요하므로 이중변환 방식의 UPS를 사용하고 있으나 대부분 해외 글로벌 업체의 제품을 사용하고 있고 국내 UPS 업체는 이런 해외 글로벌 업체의 제품을 수입하여 설치 및 시공만 하는 현실이다.

(주)이온은 2004년부터 자체적인 UPS 시스템을 개발하여 공급하고 있으며 기존 UPS에 ESS(Energy Storage System) 기능과 무효전력 보상 기능을 구현한 하이브리드 UPS를 세계 최초로 개발하였다. 본고에서는 소용량 단상 UPS, 대용량 3상 하이브리드 UPS 및 원격 감시프로그램에 대해서 소개하고자 한다.

## 1. 소용량 단상 UPS

소용량 단상 UPS인 SEP은 19인치 Rack/Tower 타입으로 제품군은 1~3kVA와 5~10kVA로 나뉜다. SEP은 제품의 소형화를 위해서 변압기를 사용하지 않은 무변압기 방식을 사용하였고, 기본 UPS의 정전보상 시간을 5분 이내로 하여 배터리의 용량을 최소화하고 배터리 뱅크를 추가적으로 설치하여 정전보상 시간을 조정할 수 있게 개발하였다.

### 1.1 1~3kVA UPS

이중변환 방식의 UPS는 항상 정류기와 인버터를 통해서 부하에 전력을 공급하므로 효율이 중요한 요소이다. 또한 소용량 UPS는 대부분 19인치 Rack에 설치하여 사용하므로 전력밀도가 높여야 한다. 그림 1은 1~3kVA UPS의 구성도로 정류기, 인버터, 배터리 충전기, 배터리 방전기, 배터리로 구성된다.

정류기는 AC 전압을 직류 전압으로 변환하면서 입력전류를 입력전압과 동상으로 제어하여야 한다. 이때 직류단 전압이 760V이므로 브릿지 다이오드를 제거하여 효율을 높일 수 있는 2-Switch Voltage Doubler로 구성하였다. 인버터는 중성점과 그라운드를 연결해야 하므로 Half-Bridge 구조로 구성하였다. 배터리 충전기는 용량이 작으므로 구현이 간편한

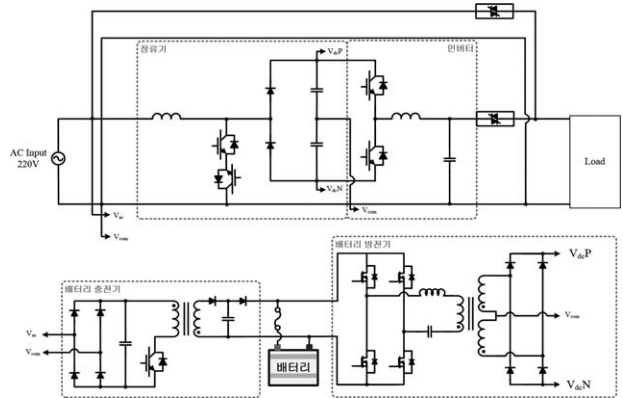


그림 1 1~3kVA UPS 구성도



그림 2 3kVA UPS 제품 사진

Fly-Back 컨버터로 구성하고 배터리 방전기는 입력전압이 낮고 출력전압이 높으므로 효율이 높은 LLC Full-Bridge 컨버터로 구성하였다.

그림 2는 제품을 Rack/Tower로 구성한 사진으로 높이는 2U(1U : 44mm)이다. 그림 3은 실제 제품의 내부 사진으로 파워 보드, CPU 보드, EMI 보드, 배터리 뱅크로 구성된다.

### 1.2 5~10kVA UPS

그림 4는 5~10kVA UPS의 구성도로 정류기, 인버터, 배터리 충전기, 배터리로 구성된다. 정류기는 부스트 컨버터 회로 2개를 사용하여 윗단과 아랫단으로 구성하여 3-레벨로 동작한다. 정류기는 정상 모드에서는 PFC로 동작하고, 배터리 모드에서는 배터리 방전기로 동작하여 배터리 방전기를 제거하여 전력밀도를 높였다. 이렇게 윗단과 아랫단으로 구성하면 배터리 모드에서 각각 윗단 커패시터와 아랫단 커패시터 전압을 제어하므로 균등 회로를 제거할 수 있다. 인버터는 효율을 높이기 위해서 TNPC(T-Type Neutral Point Clamp)

인버터로 구성하였다. TNPC 인버터는 기존 2-레벨 방식에 비해서는 스위칭 손실을 줄일 수 있고 3-레벨 NPC 방식에 비해서는 도통 손실을 줄일 수 있어 효율을 높일 수 있다. 배터리 충전기는 배터리 모드에서 윗단과 아랫단의 배터리를 사용해서 직류단을 각각 제어해서 배터리의 잔존 용량이 서로 다를 수 있으므로 백-컨버터 두 개로 구성하여 윗단 배터리와 아랫단 배터리를 별도로 충전한다.

그림 5는 실제 제품의 외관도로 전체 높이는 6U(1U : 44mm)이고 상부에는 2U 높이의 UPS가 있고, 하부에 4U 높이의 배터리 뱅크가 있다. 그림 6은 실제 UPS의 내부 사진으로 파워보드, CPU 보드, EMI 보드로 구성되어 있다.

표 1은 3kVA UPS와 5kVA UPS의 주요 전기적 성능을 나타낸 표로 입력 역률, 입력전류 THD, 출력전압 THD, 중



그림 3 3kVA UPS 내부 사진



그림 5 5kVA UPS 제품 사진

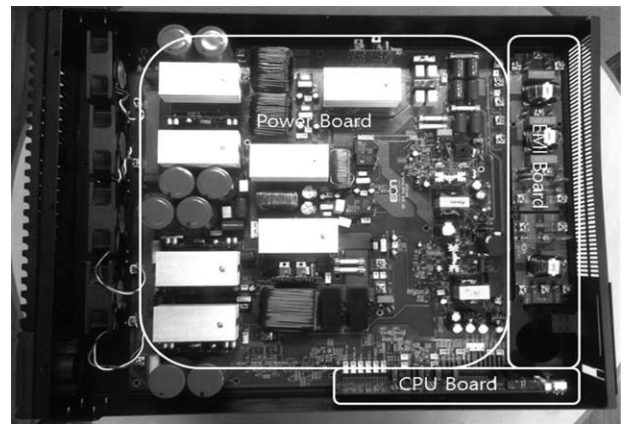


그림 6 5kVA UPS 내부 사진

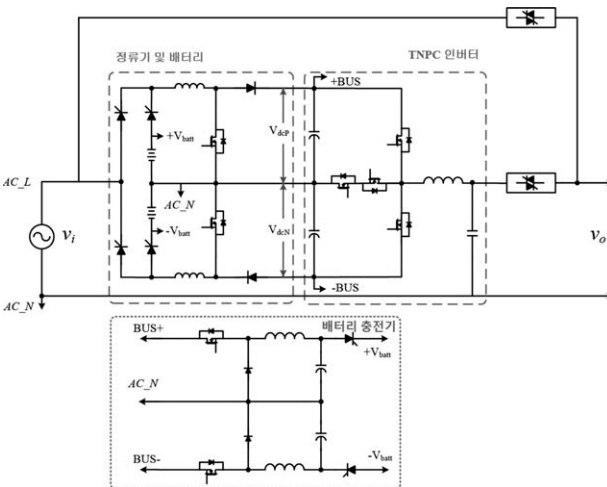


그림 4 5~10kVA UPS 구성도

표 1 SEP 3kVA 및 5kVA 성능 비교

	3kVA	5kVA
입력 역률	0.98	0.99
입력전류 THD	8% 이하	3% 이하
출력전압 THD	3% 이하	2% 이하
종합 효율	90% 이상	94% 이상

합 효율 모두 100% 선형부하에서의 최대값이다.

## 2. 대용량 3상 하이브리드 UPS

2011년 후쿠시마 원전사고 및 2011년 9월 15일 블랙아웃 사태 이후 경부하시에 유휴전력을 저장하였다가 첨두부하시에 사용함으로써 부하 평준화 기능 및 최대부하 저감 기능을 할 수 있는 ESS에 대한 필요성이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>. 이런 ESS는 여러 가지 방식이 있으나 배터리를 사용하는 BESS가 주로 사용이 되고 있다. UPS는 입력전원이 정상인 정상 모드에서는 안정적인 전력을 부하에 공급하면서 배터리를 충전하고 정전이나 입력전원이 불안정할 때 미리 충전한 배터리를 사용하여 부하에 전력을 공급하므로 ESS 기능과 UPS의 기능을 합쳐서 평상시에는 ESS로 동작하고 정전이 발생하면 UPS로 동작하는 하이브리드 UPS에 대한 수요가 증가하고 있다<sup>[2]</sup>.

마르쉐(Marche)는 20kVA~300kVA의 용량을 가지는 하이브리드 제품으로 기존 UPS처럼 입력전원이 정상이면 안정적인 전력을 부하에 공급하면서 사용자의 필요에 의해서 ESS 기능이나 무효전력 보상 기능을 수행한다. 만약 정전이 발생하거나 입력전원이 불안정하면 ESS 기능이나 무효전력 보상 기능을 멈추고 부하에 안정적인 전력을 공급한다. 마르쉐는 그림 7과 같이 정류기, 인버터, 배터리 충/방전기, 균등회로(Balancer), 배터리로 구성되고 200kVA UPS의 제품 사진은 그림 8과 같다<sup>[3]</sup>.

그림 9는 마르쉐의 디스플레이로 7인치 터치 스크린을 적용하여 사용자가 쉽게 편리하게 UPS에 대한 정보를 알 수 있고 간단하게 LED를 통하여 현재 동작 모드 및 배터리의 잔용 용량, 부하량을 알 수 있다. 또한 그림 10과 같이 ESS 기능 및 무효전력 기능을 직접 관리할 수도 있다.

그림 11은 마르쉐의 ESS 기능의 기본 개념으로 그림 11(a)와 같이 평상시에는 안정적인 전력을 부하에 공급하면서 배터리를 충전하고 수요관리를 위해서 부하 평준화 기능 및 간헐적 최대 부하 저감 기능이 필요할 때에는 그림 11(b)와 같이 미리 저장해둔 배터리를 통해서 부하에 전력을 공급하거나 계통에 전력을 공급하여 ESS 기능을 할 수 있다.

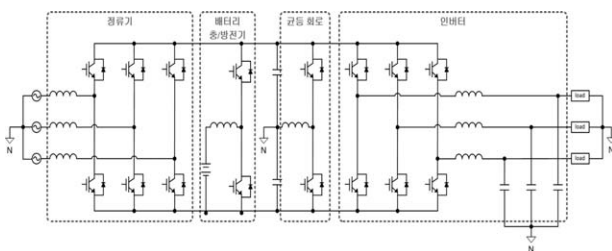


그림 7 마르쉐 구성도



그림 8 200kVA UPS 제품 사진



그림 9 마르쉐 디스플레이



(a) ESS 기능 설정

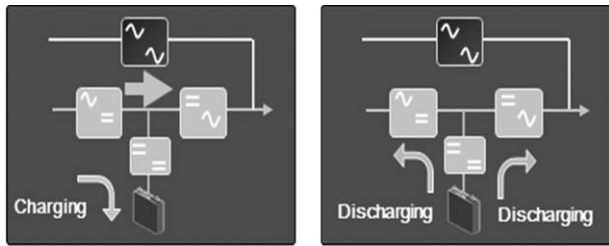


(b) 무효전력 기능 설정

그림 10 시스템 설정

기존 UPS는 정류부에서 입력전류를 입력전압과 동 위상으로 제어하여 입력 역률을 단위 역률로만 제어하지만 마르쉐는 그림 12(a)와 같이 UPS의 입력전류를 입력전압과 동 위상으로 제어하여 단위 역률로 제어할 뿐만 아니라 계통의 역률이 진상일 경우에는 그림 12(b)와 같이 입력전류를 입력전

압에 비해서 지상으로 제어하고 계통의 역률이 지상일 경우에는 그림 12(c)와 같이 입력전류를 입력전압에 비해서 진상으로도 제어하여 별도의 역률 보상 장치를 사용하지 않아도 UPS의 입력전류를 제어하여 전체 계통의 역률을 단위 역률에 가깝게 제어할 수 있다.

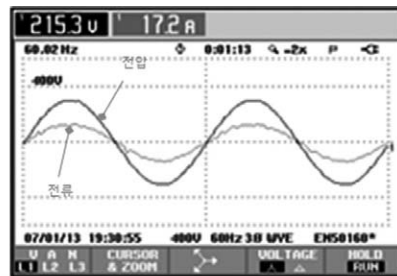
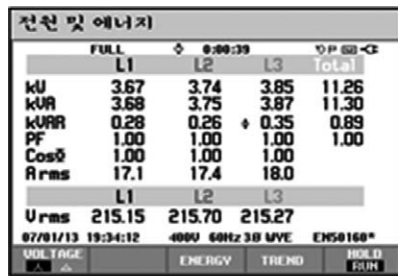


(a) 평상시 (b) ESS 기능 동작 시

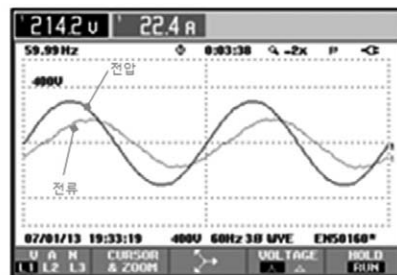
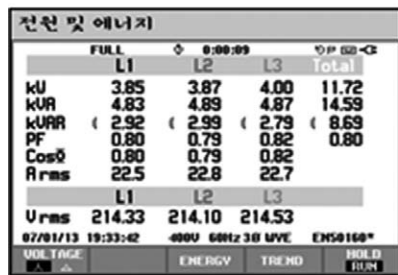
그림 11 ESS 기능

### 3. 원격 감시 프로그램

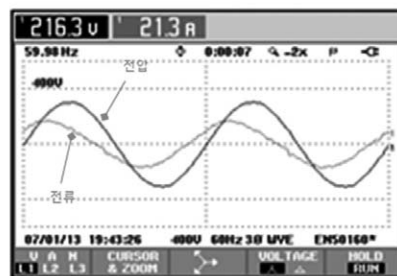
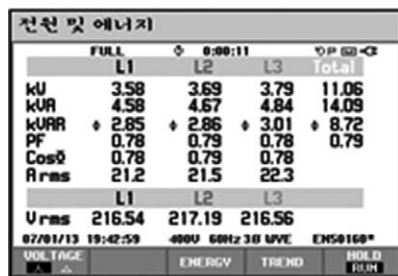
UPS는 24시간 동작하는 장비이므로 관리자가 항상 UPS를 감시할 수 있는 원격감시 프로그램이 필요하다. Emerson의 경우 Nform이란 제품을 통하여 원격으로 제품을 감시하고 이온은 UPSMon을 통하여 제품을 항상 원격으로 감시한다. 이런 원격 감시 프로그램은 장비에 이상이 생기면 관리자에게 메일, 문자, Push 알람 등을 통하여 장비의 이상 여부를 알려주어서 부하 장비의 피해를 최소화 할 수 있어야 하고 UPS의



(a) 단위역률 제어시



(b) 지상 제어시



(c) 진상 제어시

그림 12 무효전력 보상 기능

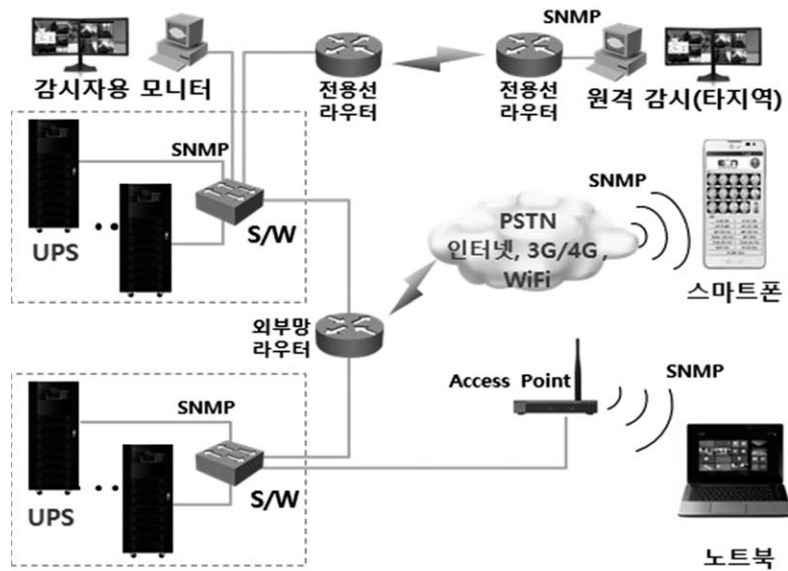
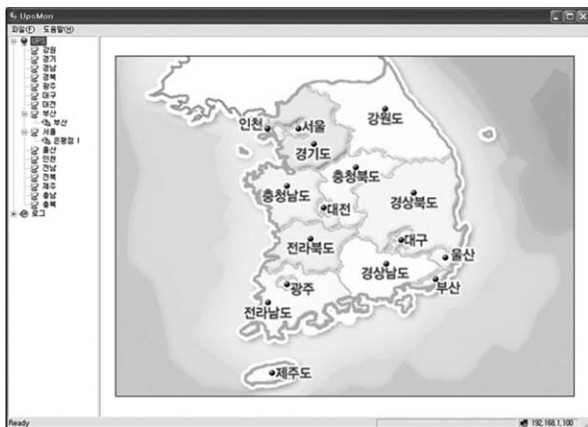
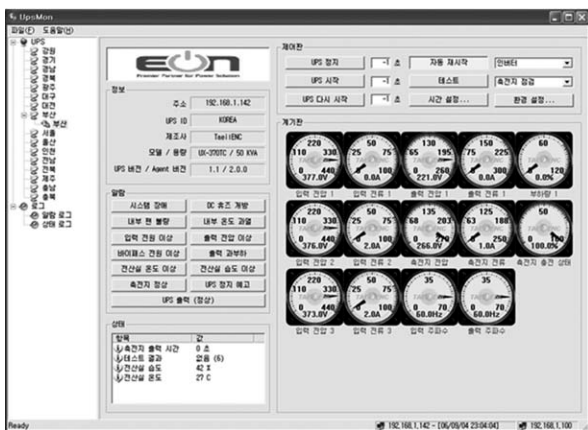


그림 13 원격감시 기능 개념도



(a) 지역 설정 화면



(b) 감시 화면

그림 14 UPSMon 실제 화면

알람 내역을 저장 및 출력이 가능하여야 한다. 그리고 UPS의 상태를 확인하여 UPS를 제어할 수 있는 제어 기능이 필요하다. 또한 같은 회사의 UPS 뿐만 아니라 다양한 회사의 UPS를 감시해야 하므로 통일된 프로토콜로 구성되어야 한다<sup>[4]</sup>.

UPSMon은 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 기반으로 그림 13과 같이 통신카드가 UPS에 설치되어 내부 및 외부에서 일반 PC 및 스마트 폰으로 UPS의 상태를 감시할 뿐만 아니라 무선 인터넷 망으로도 감시가 가능하다. 또한 ESS 기능 및 무효전력 보상 기능을 제어할 수도 있어 실시간으로 ESS 기능 및 무효전력 보상 기능을 통하여 효율적으로 장비를 관리할 수 있다. 그림 14는 실제 모니터링 프로그램 화면으로 지역별로 UPS를 감시할 수 있으며 필요한 계측값(입력 및 출력 전압, 입력 및 출력 전류, 입력 및 출력 주파수, 배터리 전압 및 전류, 배터리 충전 상태, 병렬운전 관련 변수, 현재 동작 모드 등)을 선정하여 한 화면에서 감시할 수 있다.

#### 4. 향후 기술 개발 방향

최근 해외 글로벌 업체는 제품을 모듈화하여 판매하고 있으나 국내의 경우 모듈형 UPS는 전무한 실정이다. 모듈형 UPS는 제품을 단순화 하여 양산성을 높일 수 있고 제품을 설치한 뒤 용량 증설이 필요할 때 모듈을 추가하는 것만으로 가능하다. 또한 UPS가 고장 났을 경우 모듈 교체로 유지보수가 가능하므로 UPS가 고장으로 출력이 차단되는 시간을 최소화할 수 있다. 중, 대용량 업계 1위 업체인 Emerson의 경우 중형 UPS는 그림 15와 같이 APM을 판매중인데 이 제



그림 15 APM(30 ~ 300kVA) 제품 사진



그림 16 NX(250~800kVA) 제품 사진

품은 30kVA 모듈을 기본으로 하여 최대 10대까지 용량 증설이 가능하다. 대형 UPS는 그림 16과 같이 NX를 판매중인데 이 제품은 250kVA 모듈을 기본으로 최대 800kVA까지 용량 증설이 가능하다. 이런 모듈형 UPS를 개발하기 위해서는 병렬 운전 기술 및 제품을 모듈화하기 위한 패키징 기술에 대한 연구가 필요하다.

또한 UPS는 정전시에만 동작하므로 설비의 효율성이 떨어지므로 설비의 효율성을 향상시키기 위하여 평상시에는 UPS

의 고유 기능인 안정전적인 전력을 부하에 공급하면서 추가적인 기능을 하는 하이브리드 UPS에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되므로 하이브리드 UPS와 관련된 기술 개발이 필요하고 이런 하이브리드 UPS 기능에 대한 안전성 검증이 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] Kim Sun-Pil, Hwang Jung-Goo, and Park Sung-Jun, "The PCS System Having the BESS Function", Proc. of 2013 Power Electronics Annual Conference, pp 34-35, Jul. 2013.
- [2] Lim Seung-Beom, and Hong Soon-Chan, "Hybrid UPS with Energy Storage System Function", The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 19, No. 3, pp 266-275, Jun. 2014.
- [3] Kim Ji-Su, Lim Seung-Beom, Lee Won-Il, Kim Ki-Beom and Kim Eun-Duk, "The Development of 200kVA Hybrid UPS", Proc. of 2014 Power Electronics Annual Conference, pp 85-86, Jul. 2014.
- [4] 최주엽, 전호석, "UPS의 기술동향 : SNMP를 이용한 무정전전원장치용 원격제어 시스템", 전력전자학회지, pp 32-35, 08. 2000.

### < 필 자 소 개 >



#### 임승범(林承範)

1979년 2월 11일생. 2004년 단국대 공과대학 전기공학과 졸업. 2014년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 2007년~현재 이온 부설연구소 과장.



#### 변용섭(邊勇燮)

1979년 12월 23일생. 2008년 아주대 정보통신대학 전기공학부 졸업. 2013년~현재 명지대 대학원 전기공학과 석사과정. 2009년~현재 이온 부설연구소 대리.



#### 이원일(李元一)

1981년 9월 5일생. 2011년 공주대 천안공과대학 전기전자제어계측공학부 졸업. 2013년 동 대학원 제어계측과 졸업. 2013년~현재 이온 부설 연구소 대리.